

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITE - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 17 DEC. 2002

Pour le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

M. Planche

Martine PLANCHE

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIETE
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04
Télécopie : 33 (1) 42 93 69 30
www.inpi.fr

Best Available Copy



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



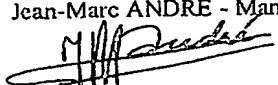

N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 2EO 399

REMISSÉ À L'INPI DATE 24 JUIN 2002 LIEU 69 INPI LYON N° D'ENREGISTREMENT 0207759 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 24 JUIN 2002		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Jean-Marc ANDRE KODAK INDUSTRIE Département Brevets CRT - Zone Industrielle 71102 CHALON SUR SAONE Cédex	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 83633			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE DE RESTAURATION SPATIALE DES COULEURS D'UNE IMAGE			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		EASTMAN KODAK COMPANY	
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	343 State Street	
	Code postal et ville	ROCHESTER, New York 14650-2201	
Pays		Etats-Unis d'Amérique	
Nationalité			
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DE PIÈCES DATE 04 JUIN 2002 LIEU 69 INPI LYON N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0207759		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		83633	
<input checked="" type="checkbox"/> MANDATAIRE			
Nom		ANDRE	
Prénom		Jean-Marc	
Cabinet ou Société		KODAK INDUSTRIE	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 9121	
Adresse	Rue	Département Brevets CRT - Zone Industrielle	
	Code postal et ville	71102	CHALON SUR SAONE Cédex
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		03 85 99 19 90	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		03 85 99 10 11	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
<input checked="" type="checkbox"/> INVENTEUR(S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<input checked="" type="checkbox"/> RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<input checked="" type="checkbox"/> RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :</i>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<input checked="" type="checkbox"/> SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Jean-Marc ANDRE - Mandataire 		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 	

PROCEDE DE RESTAURATION SPATIALE DES COULEURS D'UNE IMAGE

La présente invention appartient au domaine technologique de l'imagerie. La présente invention a pour objet un procédé automatique de
5 restauration de la couleur d'une image, après que ladite couleur ait été altérée par rapport à la couleur d'origine de l'image.

La rénovation ou restauration des images en couleur enregistrées sur des supports argentiques, est généralement opérée en faisant un traitement d'une version numérisée de ces images argentiques altérées. La restauration des images
10 altérées permet qu'à l'examen visuel, l'image recouvre ses couleurs d'origine. Les supports traditionnels argentiques des images sont constitués généralement par du film photographique, ou du papier photographique. On désignera dans la description qui suit, par image argentique, une image en couleur obtenue à partir d'émulsions photographiques aux halogénures d'argent. L'altération ou dégradation
15 des images en couleur enregistrées sur ces supports argentiques est due par exemple au vieillissement, ou à l'exposition de ces supports argentiques à des sources lumineuses, à l'occasion de leur manipulation. Les procédés de restauration des couleurs d'une image, connus de l'homme du métier, consistent par exemple à numériser une image préalablement enregistrée sur un support argentique (film ou
20 papier photographique), puis à traiter l'image numérisée afin de restaurer ses couleurs. Ces procédés de restauration consistent à transformer les couleurs dégradées sur l'image numérisée, en mettant en œuvre des algorithmes de logiciels de traitement d'image.

L'image numérique, transformée par le procédé de traitement,
25 présente ainsi des couleurs restaurées qui correspondent approximativement à celles de l'image d'origine.

Le brevet US 5 796 874 décrit la restauration d'images imprimées sur un support matériel, par exemple de type papier, décolorées ou fanées au cours du temps. Ce brevet décrit une méthode et des moyens qui permettent à un
30 opérateur n'ayant pas un niveau de compétence élevé, de restaurer et facilement une image dont les couleurs ont été altérées. L'opérateur n'a notamment pas à

choisir et à ajouter des filtres dans le scanner utilisé pour numériser l'image à restaurer. Mais, l'opérateur doit appliquer des modèles de dégradation de l'image au cours du temps à l'image à restaurer. C'est-à-dire que la restauration est opérée en fonction du choix d'une variable de temps: par exemple, on suppose que l'image
 5 a une dizaine d'années d'âge et on applique le modèle de restauration correspondant à ce temps (une dizaine d'années) afin de restaurer les couleurs de l'image altérée. La méthode de restauration permet d'obtenir et de sélectionner automatiquement un modèle de restauration des couleurs de l'image, en fonction d'une variable temporelle affectée à l'image. L'image ainsi restaurée peut être affichée sur un
 10 écran de type moniteur. De plus, l'opérateur peut aussi choisir une autre modèle, lié à un autre variable de temps, si le premier résultat de restauration ne le satisfait pas. La règle de correction utilisée est appliquée uniformément à l'ensemble de l'image.

Le document de l'Université de La Rochelle, France, de M.
 15 Chambah et B. Besserer, intitulé Digital Color Restoration of Faded Motion Pictures, et présenté à la première Conférence Internationale CGIP (Color in Graphics and Image Processing) de Saint-Etienne, France, du 01 au 04 octobre 2000, décrit une méthode de restauration des couleurs d'images fanées sur de vieux films. Dans un premier temps, le film est numérisé avec un scanner; puis l'effet du
 20 recouvrement des densités spectrales des différents colorants est soustrait, en utilisant une matrice d'ajustement. Dans un second temps, les canaux de couleurs de l'image sont équilibrés, en utilisant une autre matrice de correction. Finalement, le contraste est augmenté, pour améliorer la qualité visuelle. Dans cette méthode, la règle de correction utilisée est appliquée uniformément à l'ensemble de l'image.

25 Dans un article (IEEE Transactions On Image Processing, volume 9, numéro 5, de mai 2000), intitulé "Adaptive Image Contrast Enhancement Using Generalizations of Histogram Equalization", J. Alex Stark décrit une méthode d'augmentation du contraste dans une image. Cette méthode utilise une fonction cumulative des niveaux de gris dans une zone ou une fenêtre (par exemple de
 30 forme carrée) autour d'un pixel, sans contrainte d'interdépendance entre ces zones. Les corrections sont indépendantes, pour chaque zone de représentation de l'image.

Les moyens de restauration de la technique antérieure ne prennent pas en compte les variations spatiales de l'altération des couleurs dans une image. Les moyens de la technique antérieure utilisent des modèles ou fonctions mathématiques permettant de prendre en compte certains paramètres importants qui influencent la dégradation des couleurs d'une image enregistrée sur un film ou un papier photographique, pour ensuite restaurer les couleurs de l'ensemble de l'image d'une manière uniforme.

Le procédé de la présente invention, pour la restauration spatiale des couleurs d'une image altérée, permet, à partir de la détection des altérations ou dégradations de couleur qui varient spatialement d'un bord à l'autre de l'image, une restauration des couleurs conformément aux couleurs d'origine de ladite image. L'avantage de ce procédé de l'invention est de restaurer automatiquement, rapidement, et de manière fiable les couleurs d'origine de l'image, alors que lesdites couleurs ont été altérées non uniformément.

Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé automatique de restauration de la couleur d'une image argentique dont la couleur est altérée d'une façon non uniforme par rapport à la couleur d'origine de l'image argentique, spatialement dans le plan de l'image argentique, et suivant une direction parallèle à un axe principal de l'image; ce procédé comprend les étapes suivantes:

- a) numériser l'image argentique altérée en utilisant une échelle de mesure des densités optiques;
- b) filtrer l'ensemble des pixels de l'image numérisée;
- c) diviser l'image numérique en bandes de pixels disposées perpendiculairement à la direction de l'axe principal de l'image suivant lequel se produit l'altération de couleur, la réunion de l'ensemble des pixels de chaque bande représentant l'ensemble des pixels de l'image numérique;
- d) calculer, pour chaque bande de pixels, et pour chacun des canaux de couleur formant l'image, une distribution des densités optiques des pixels formant ladite bande;

- 5 e) calculer, pour chacune desdites distributions de l'étape d), une valeur de référence brute supérieure de densité optique, et une valeur de référence brute inférieure de densité optique;
- f) calculer, à partir de l'ensemble des valeurs de référence brutes supérieures et inférieures de l'étape e), des valeurs de référence filtrées supérieures de densité optique et des valeurs de référence filtrées inférieures de densité optique correspondantes;
- 10 g) déterminer, à partir des valeurs de référence filtrées supérieures et inférieures de densité optique de l'étape f), des courbes de référence supérieures de densité optique et des courbes de référence inférieures de densité optique, lesdites courbes de référence étant représentatives du profil de dégradation de couleur de l'image;
- 15 h) déterminer, pour chacun des canaux de couleur formant l'image, et à partir de la valeur maximale de densité optique de la courbe de référence supérieure de densité optique, la bande de pixels de moindre dégradation;
- 20 i) appliquer à chaque bande de pixels de l'image numérique autre que la bande de pixels de moindre dégradation, et pour chacun des canaux de couleur formant l'image, une transformation linéaire permettant de transformer les valeurs filtrées de densité optique placées sur la courbe de référence supérieure et sur la courbe de référence inférieure de densité optique de ladite
- 25 chaque bande de pixels, respectivement en valeurs supérieure et inférieure de densité optique de la bande de pixels de moindre dégradation.

Le procédé de l'invention permet d'obtenir une image restaurée. Une caractéristique de l'invention qui se traduit par un avantage majeur par rapport à la technique antérieure, est de prendre en compte les variations spatiales non uniformes de couleur ayant altéré par exemple une image argentique. Ce procédé permet de restaurer automatiquement les couleurs fanées de l'image, sans faire

intervenir les compétences photographiques d'un opérateur. Un autre avantage du procédé de l'invention pour exécuter des restaurations de couleur d'images altérées ou fanées est le temps gagné, et par conséquent une productivité accrue, par rapport à un traitement manuel de la restauration spatiale des images par un opérateur.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description, faite en référence aux dessins des différentes figures.

La figure 1 représente schématiquement un film photographique en couleur et un moyen destiné à son enroulement.

La figure 2 représente schématiquement un exemple d'environnement matériel (hardware) dans lequel est par exemple mis en œuvre le procédé de l'invention.

La figure 3 représente schématiquement une image numérisée de l'image à restaurer.

La figure 4 représente un exemple de distribution, dans un canal de couleur, des densités optiques d'une bande de pixels d'une image numérique.

La figure 5 représente schématiquement, pour un canal de couleur, une évolution de la distribution des densités optiques dans l'image, selon un axe principal suivant lequel se produit l'altération de couleur.

La figure 6 représente schématiquement un exemple de diagramme, dans chaque canal de couleur, de représentations spatiales de la distribution des densités optiques dans l'image filtrée de son contenu.

La figure 7 représente la fonction de restauration des densités optiques.

La figure 8 représente un exemple de distribution des densités optiques cumulées de la figure 4.

La figure 9 représente un principe de filtrage de l'image par suivi des maximum.

La figure 10 représente schématiquement, pour un canal de couleur, la distribution des densités optiques après filtrage, de la figure 5.

La description suivante est une description détaillée de l'invention en référence aux dessins dans lesquels les mêmes références numériques identifient les mêmes éléments dans chacune des différentes figures.

Le procédé de l'invention est utilisé pour restaurer automatiquement
 5 les couleurs d'une image dont la couleur est altérée, c'est-à-dire fanée par rapport à la couleur d'origine de l'image. Les images à restaurer peuvent être fixes ou animées. Les images fixes sont par exemple des photographies en couleur (portraits, paysages, etc.). Les images animées sont par exemple des séquences de film cinématographiques. Ces images sont enregistrées sur des supports
 10 photographiques argentiques. Le problème d'altération non homogène des couleurs des images enregistrées sur un support photographique argentique est rencontré notamment lorsque, suivant la figure 1, ces supports d'images argentiques 2 sont enroulés sur des bobines 1. Le support d'images argentiques est par exemple un film cinématographique enregistré en couleur. Au cours du temps ou suite à des
 15 variations de température et/ou d'hygrométrie non maîtrisées, des dégradations de colorants se produisent. Pratiquement, les dégradations des colorants de l'image se produisent plus fortement sur les bords 4F, 5F qu'au centre du film 2. La ligne matérialisant le milieu du film 2 et des images argentiques 3 est représentée par un premier axe principal 6.

20 La figure 2 représente un environnement matériel préférentiel dans lequel le procédé de l'invention est mis en œuvre de manière interactive. Un opérateur qui désire par exemple restaurer une ou plusieurs images d'origine 3 dont les couleurs ont été altérées au cours du temps par rapport à la couleur d'origine, utilise un terminal 7. Le terminal 7 est par exemple un ordinateur personnel ou PC
 25 (Personal Computer) comprenant un écran d'affichage 11. Le terminal 7 est interfacé à une souris 9 comprenant au moins un bouton de commande 10. Le système d'exploitation du terminal 7 est par exemple Unix, Windows, ou Linux. Tous ces systèmes d'exploitation permettent de reconnaître des périphériques comme un scanner ou numériseur 13, une imprimante 14, ou tout autre dispositif
 30 15 relié au terminal 7, et permettant la capture d'images ou de séquences d'images. Le procédé de l'invention permet de numériser automatiquement l'image

argentique 3 dont les couleurs sont altérées, en utilisant par exemple le scanner 13.

L'image 3 numérisée est codée en valeurs numériques. Pour numériser l'image, on utilise une échelle de mesure des densités optiques. Autrement dit, les valeurs numériques associées à chaque pixel, et pour chacun des canaux de couleur

5 formant l'image, sont proportionnelles (fonction linéaire) aux densités optiques.

L'image 3 est numérisée en une image 12 qui peut ainsi être visualisée sur l'écran 11. L'image numérique 12 peut être mémorisée dans une mémoire interne au terminal 7.

Dans un autre mode de réalisation, la mise en œuvre du procédé de
10 l'invention peut aussi ne pas être interactive, et n'utilise pas forcément des moyens comprenant un écran d'affichage 11. Dans ce mode de réalisation, le procédé de l'invention est mis en œuvre en utilisant un processeur dédié, c'est-à-dire un processeur configuré avec des portes et des fonctions logiques de base permettant de mettre en œuvre ledit procédé. On utilise par exemple un processeur FPGA
15 (Field Programmable Gate Array). Ce processeur est par exemple intégré dans le scanner 13, et exécute automatiquement la restauration juste après l'opération de numérisation de l'image argentique 3.

L'altération, c'est-à-dire la décoloration ou le fanage des couleurs d'une image argentique est causée en particulier par l'exposition du support de
20 l'image argentique à la lumière et/ou à l'humidité. Les films sont par exemple stockés enroulés sur des bobines 1; dans ces conditions, l'altération des couleurs de l'image argentique 3 enregistrée sur le film 2 se produit d'abord au voisinage des bords 4F, 5F dudit film 2. Au cours du temps, l'altération de couleur est donc plus importante au voisinage des bords 4F, 5F du film 2 enroulé sur la bobine 1, qu'au
25 voisinage de l'axe principal 6 situé au centre du film 2. En conséquence, une première hypothèse fondée sur des résultats expérimentaux, et préalable à la mise en œuvre du procédé de l'invention, consiste à admettre d'une part que l'altération de couleur varie spatialement dans le plan de l'image 3, suivant une direction perpendiculaire au premier axe principal 6, ou parallèle à un second axe principal
30 19 de l'image 3, 12. Donc, l'altération de couleur varie en fonction de la distance par rapport aux bords 4F, 5F du film 2. D'autre part, cette première hypothèse est

liée à une seconde hypothèse qui consiste à admettre également que la dégradation de couleur est uniforme (c'est-à-dire ne varie pas) suivant le premier axe principal 6, parallèle aux bords 4F, 5F. Cette hypothèse d'uniformité de la dégradation de couleur doit être vérifiée au moins sur l'étendue de l'image selon cet axe principal

5 6.

Selon la figure 3, et par analogie avec la figure 1, les bords 16, 17 de l'image numérique 12 (image 3 numérisée) correspondent respectivement aux bords 4I, 5I de l'image argentique 3. Les bords 26, 27 de l'image numérique 12 correspondent aux deux autres bords de l'image argentique 3, lesdits autres bords
10 étant parallèles au second axe principal 19. Le premier axe principal 6 est perpendiculaire au second axe principal 19. Les deux axes principaux 6, 19 de l'image 3, 12 se coupent en un point 20 qui est placé au centre de l'image.

Pour déterminer les variations des densités de couleur spatialement dans le plan de l'image numérique 12 par rapport à la couleur d'origine de l'image
15 argentique 3 correspondante, l'algorithme du procédé de l'invention permet de calculer automatiquement des distributions de pixels, en fonction des valeurs numériques codées de leurs densités optiques respectives, dans une bande mobile 18 de l'image 12. Le procédé de l'invention permet de calculer ces distributions dans des tranches ou bandes 18 représentatives d'une partie de l'image 12. La
20 largeur 21 de la bande 18 inclus par exemple cinq colonnes de pixels parallèles à l'axe 6. La longueur de la bande 18 correspond à l'extension totale de l'image 12 suivant la direction de l'axe 6, perpendiculaire à la direction de l'axe 19; la direction de l'axe 19 caractérise la direction de la variation de l'altération des couleurs. L'extension totale de l'image 12 est la dimension de l'image: par exemple
25 sa hauteur ou sa largeur. Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, la bande 18 la moins large est réduite à une seule rangée de pixels parallèle à l'axe 6.

La figure 4 représente un exemple de distribution des densités optiques d'une bande de pixels, dans un canal de couleur donné, par exemple le rouge. Une courbe 22 représente la distribution des pixels (nombre de pixels N
30 suivant l'axe des ordonnées) en fonction des valeurs codées de densité optique $V_C(DO)$ desdits pixels (suivant l'axe des abscisses). La courbe 22 représente, pour

une position spatiale donnée de la bande 18 dans le plan de l'image 12, la distribution des valeurs codées de densité optique $V_C(DO)$ des pixels formant ladite bande 18, entre une valeur minimale de densité optique représentée par le point 23 et une valeur maximale de densité optique représentée par le point 24.

- 5 Généralement, l'image est affectée par du bruit (signal parasite). Les causes de bruit peuvent être multiples. Dans le contexte de l'invention, le bruit gênant est dû principalement à des poussières. Les poussières ont généré par exemple des points noirs dans l'image, ou bien des points blancs, et perturbent la distribution des valeurs codées de densité optique $V_C(DO)$. Selon la figure 4, les valeurs codées de densité optique des points noirs sont par exemple représentées par un lobe 28, et les valeurs codées de densité optique des points blancs sont par exemple représentées par un lobe 29. Le procédé de l'invention permet d'éliminer automatiquement ces lobes aberrants 28, 29.

- 15 La figure 8 représente un exemple de courbe 70, de la distribution des densités optiques cumulées de la figure 4. Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la distribution cumulée de la figure 8 est par exemple divisée en classes d'effectifs égaux de pixels ayant des valeurs voisines de densités optiques. Préférentiellement, la distribution est divisée en centiles (100 classes). Mais la distribution peut être divisée en un autre nombre arbitraire de classes. Pour éliminer les lobes aberrants éventuels 28, 29 dus au bruit, le procédé de l'invention ne traite que la partie de la courbe 70 comprise entre les points d'ordonnées respectives X_1 et $(100 - X'_1)$. Dans un mode de réalisation préféré: $X_1 = X'_1 = 5\%$. Mais les valeurs de X_1 et X'_1 sont paramétrables, c'est-à-dire peuvent prendre d'autres valeurs (pourcentage), et ne pas être égales entre elles.

- 25 Une troisième hypothèse de mise en œuvre du procédé de l'invention consiste à considérer que le changement de densité optique correspondant à l'altération de couleur s'opère suivant un modèle linéaire, caractérisé par exemple par une première équation Eq(1) du type: $D_F = \alpha D_R + \beta$.

- 30 Le mode de réalisation préféré de réalisation de l'invention utilise le modèle linéaire en l'appliquant aux densités optiques de pixels de bandes 18 de

l'image numérique 12. Dans un autre mode de réalisation, on peut également utiliser ce modèle linéaire en l'appliquant aux intensités des couleurs.

Dans l'équation $D_F = \alpha D_R + \beta$, D_F représente la valeur codée de la densité optique d'un pixel altéré, c'est-à-dire un pixel dont la valeur codée de densité optique a par exemple diminué par rapport à la valeur codée de densité optique de référence D_R dudit pixel. La valeur codée de densité optique de référence D_R correspond à la densité optique de la couleur d'origine du point correspondant spatialement dans le plan de l'image argentique 3, au pixel de l'image numérique 12. Les valeurs de α et β varient selon l'axe principal 19 de l'image numérique 12.

Une quatrième hypothèse préalable à la mise en œuvre du procédé de l'invention, admet que le profil de dégradation réel de couleur de l'image varie de manière continue (c'est-à-dire sans rupture), lisse (c'est-à-dire avec une variation lente) et monotone (c'est-à-dire avec une dégradation toujours décroissante du bord vers le point de moindre dégradation). Le point de moindre dégradation de l'image 12 est représenté par exemple par le point 20 placé au centre de l'image 12. Mais ce point de moindre dégradation peut être placé spatialement n'importe où dans le plan de l'image 12. Le profil de dégradation détecté a pour objectif de se rapprocher du profil de dégradation réel. Donc, le résultat de restauration de couleur est d'autant meilleur que le profil de dégradation détecté par le procédé de l'invention est continu, lisse, et monotone. C'est-à-dire que le profil s'affranchit des variations chromatiques inhérentes au contenu même de l'image. Des moyens de filtrage connus de l'homme du métier, permettent de rendre le profil de dégradation détecté, continu, lisse, et monotone.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, les étapes de détection de l'altération des couleurs de l'image sont généralement précédées d'un filtrage initial automatique de l'ensemble des pixels de l'image numérique 12. Le filtrage initial permet de minimiser l'influence du contenu de l'image et des poussières (artéfacts dans l'image). Mais, un autre mode de réalisation particulier permet de ne pas faire ce filtrage initial. Le filtrage de l'image numérique 12 est opéré en utilisant des opérateurs de morphologie mathématique connus de l'homme

du métier. Pour chaque pixel de l'image 12, est opérée une ouverture (érosion suivie d'une dilatation) puis une fermeture (dilatation suivie d'une érosion), en utilisant un élément structurant ayant par exemple une forme carrée et contenant 9 ou 25 pixels. Ces ouverture et fermeture peuvent être opérées consécutivement n
5 fois, n étant un nombre entier.

Le procédé de l'invention permet de diviser automatiquement l'image numérique 12 en bandes de pixels 18 disposées perpendiculairement à la direction de l'axe principal 19 de l'image suivant lequel se produit l'altération de couleur. La réunion de l'ensemble des pixels de chaque bande 18 représente
10 l'ensemble des pixels de l'image 12. La division de l'image 12 en bandes de pixels 18 est opérée suivant des bandes 18 parallèles adjacentes; selon un premier mode de réalisation, ces bandes parallèles adjacentes n'ont aucun pixel commun entre elles, ou bien selon un second mode de réalisation, la division de l'image est opérée suivant des bandes parallèles se recouvrant partiellement deux à deux suivant au
15 moins une rangée de pixels; un troisième mode de réalisation permet de diviser l'image à la fois en bandes adjacentes ou recouvrantes. Le mode de réalisation choisi parmi ces trois variantes dépend de l'algorithme utilisé pour déplacer, dans l'image 12, la bande mobile 18 de largeur 21. Dans un mode de réalisation préférentiel, les bandes 18 sont de même largeur 21. Mais l'algorithme mettant en
20 œuvre le procédé de l'invention permet également de choisir des bandes 18 de largeurs 21 inégales.

A partir de la division de l'image numérique 12 en bandes de pixels 18, le procédé de l'invention permet de calculer automatiquement, pour chaque bande de pixels 18, et selon la figure 6, pour chacun des plans des canaux colorés
25 40, 50, 60 formant l'image 12 (par exemple les canaux rouge, vert et bleu), une distribution des densités optiques de chaque pixel de ladite bande 18. Un exemple de distribution des densités optiques est représenté à la figure 4.

La détermination des variations spatiales de l'altération des couleurs dans l'ensemble de l'image 12, et pour chacun des canaux de couleur, par exemple
30 rouge, vert, bleu, consiste à séparer ou filtrer la contribution du contenu de l'image, de la contribution de l'altération des couleurs. Ceci en tenant compte de la variation

de la distribution des valeurs codées de densité optique, comme représenté dans la figure 4.

La figure 5 représente, pour un canal de couleur de l'image, une représentation spatiale de la distribution réelle des densités optiques dans l'extension X_e de ladite image. L'extension X_e représente la dimension de l'image suivant laquelle se produit l'altération ou dégradation de couleur (axe principal 19). Les lignes 41 et 45 correspondent aux bords de l'image. La distribution réelle des densités optiques est représentée par exemple par les courbes 30, 31, 32, 33, 34. Ces courbes 30, 31, 32, 33, 34 correspondent à un mixage du profil de dégradation des couleurs et du contenu de l'image. Le procédé de l'invention permet de séparer automatiquement les signaux liés au contenu de l'image d'une part, et au profil de dégradation des couleurs d'autre part.

Selon la figure 5, le procédé de l'invention permet de calculer automatiquement, pour chacune des distributions de densités optiques des pixels de la bande de pixels 44, une valeur de référence brute supérieure de densité optique 36, et une valeur de référence brute inférieure de densité optique 37. Selon la figure 5, la distribution des densités optiques est représentée par une famille de courbes 30, 31, 32, 33, 34. Les courbes 30 et 34 représentent par exemple les courbes de densité optique respectivement du maximum et du minimum de la distribution. Dans un mode de réalisation préféré, l'algorithme du procédé de l'invention élimine automatiquement ces deux extrêmes de la distribution (les courbes 30 et 34) pour opérer les calculs. Les valeurs de référence brute supérieure 36 et inférieure 37 sont calculées à partir des courbes 31 et 32 qui correspondent par exemple respectivement aux courbes de densité optique de la famille de courbes placées dans la distribution, au voisinage respectivement des courbes extrêmes 30 et 34.

Toutefois, dans un autre mode de réalisation, les valeurs de référence brutes supérieures de densité optique 39, et inférieures 38, sont calculées à partir des courbes de densité optique du maximum 30 et du minimum 34.

A partir des valeurs de référence brutes supérieure 36 et inférieure 37 de densité optique, le procédé de l'invention permet de calculer des valeurs de référence filtrées supérieure 46 et inférieure 47 de densité optique.

Le procédé de l'invention, à partir des valeurs de référence filtrées 46, 47, détermine automatiquement des courbes de référence de densité optique: la courbe de référence supérieure de densité optique 42, et la courbe de référence inférieure de densité optique 43. Les courbes de référence de densité optique 42, 43 sont représentatives du profil de dégradation de couleur de l'image. Ces courbes de référence 42, 43 sont obtenues par filtrage, en tenant compte de la quatrième hypothèse liée à la mise en œuvre de l'invention. La quatrième hypothèse est basée sur un profil de dégradation de couleur de l'image qui varie de manière continue, lisse, et monotone. Dans un mode de réalisation préféré, l'opération de filtrage, dont le principe est représenté sur la figure 9, est opérée de manière à appliquer cette quatrième hypothèse, éliminer les points extrêmes de la distribution correspondant, après filtrage, aux courbes extrêmes de la distribution C_0 et C_{100} , et séparer le contenu de l'image du profil de dégradation de couleur de ladite image. Les courbes C_0 et C_{100} sont les courbes de référence inférieure et supérieure de densité optique qui représentent les courbes extrêmes de la distribution.

Selon la figure 9 et dans le mode de réalisation préféré de l'invention, l'opération de filtrage est opérée en utilisant la méthode dite du suivi des maximum. Cette méthode de filtrage revient, à partir d'une courbe 31 représentative d'une distribution, à obtenir la courbe résultante qui représente le minima des deux courbes 35C et 36C. Ceci permet d'éliminer les creux de la courbe initiale 31 et ainsi de respecter l'hypothèse de monotonie. Selon la figure 6, pour chacun des canaux de couleur 40, 50, 60 formant l'image, les valeurs de référence filtrées supérieures de densité optique 46, 56, 66, et les valeurs de référence filtrées inférieures de densité optique 47, 57, 67, sont calculées à partir de l'utilisation d'un filtrage de l'image 12 par la méthode du suivi des maximum dans chaque bande de pixels 18.

Selon les figures 6 et 10, le procédé de l'invention permet ainsi d'obtenir, après filtrage, des courbes corrigées lissées 42, 43, 52, 53, 62, 63.

Suivant un mode préféré de réalisation, les courbes C_0 et C_{100} , correspondant aux extrêmes de la distribution (0% et 100%), ont été exclues. La figure 6 représente les courbes de référence supérieures de densité optique 42, 52, 62 et respectivement inférieures 43, 53, 63. Les dites courbes de référence étant

5 représentées dans chaque plan 40, 50, 60 correspondant aux canaux de couleur. Par analogie avec la représentation graphique de la figure 3, l'extension de l'image suivant laquelle se produit la variation de l'altération de couleur est représentée en abscisse sur la figure 6 par la distance comprise entre les lignes 41 et 45 pour le canal de couleur 40, entre les lignes 45 et 55 pour le canal de couleur 50, et entre

10 les lignes 55 et 65 pour le canal de couleur 60. L'axe des ordonnées de la figure 6 représente les valeurs codées des densités optiques $V_C(DO)$. La couche d'émulsion photographique de l'image 3 correspondant à la couleur rouge est représentée en abscisse par exemple par le plan 40 de l'image; la couche d'émulsion photographique correspondant à la couleur verte est représentée en abscisse par

15 exemple par le plan 50 de l'image; La couche d'émulsion photographique correspondant à la couleur bleue est représentée en abscisse par exemple par le plan 60 de l'image. Selon la figure 6, le procédé de l'invention permet de déterminer automatiquement, pour chacun des canaux de couleur 40, 50, 60 formant l'image, et à partir de la valeur maximale de densité optique 46M, 56M,

20 66M de la courbe de référence supérieure de densité optique, la bande de pixels de moindre dégradation 44M, 54M, 64M. Les valeurs de référence filtrées supérieures de densité optique des bandes de pixels de moindre dégradation 44M, 54M, 64M sont respectivement 46M, 56M, 66M. Les valeurs de référence filtrées inférieures de densité optique des bandes de pixels de moindre dégradation 44M, 54M, 64M

25 sont respectivement 47M, 57M, 67M. Cette bande de pixels de moindre dégradation correspond à la bande de pixels de l'image ayant subi une altération ou dégradation minimale de couleur. Selon un mode particulier de réalisation du procédé de l'invention, la bande de moindre dégradation est la bande de pixels comprenant une seule rangée de pixels, et passant par le centre 20 de l'image 12.

La figure 7 représente la fonction de restauration des densités optiques. La transformation linéaire est opérée suivant une équation de

transformation Eq(2) du type: $D_R = a D_F + b$;

équation dans laquelle a et b sont indépendants pour chaque canal coloré rouge (a_r , b_r), vert (a_v , b_v), bleu (a_b , b_b), et dans laquelle a et b sont déterminés par

5 l'algorithme permettant de mettre en œuvre le procédé de l'invention. Cette

seconde équation Eq(2) représente la transformation inverse de celle de la première

équation Eq(1). L'application simultanée de l'équation Eq(2) aux trois canaux

colorés s'exprime sous la forme:

$$10 \quad D_{Rr} = a_r D_{Fr} + b_r$$

$$D_{Rv} = a_v D_{Fv} + b_v$$

$$D_{Rb} = a_b D_{Fb} + b_b$$

soit, sous la forme matricielle:

$$15 \quad \begin{bmatrix} D_{Rr} \\ D_{Rv} \\ D_{Rb} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_r & 0 & 0 \\ 0 & a_v & 0 \\ 0 & 0 & a_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{Fr} \\ D_{Fv} \\ D_{Fb} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_r \\ b_v \\ b_b \end{bmatrix}$$

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, les termes non diagonaux de la matrice à trois lignes et trois colonnes, peuvent être non nuls pour tenir compte de l'effet du recouvrement spectral des absorptions, comme

20 décrit par exemple dans le brevet US 5 796 874 précité.

Selon les figures 6, 7, et 10, le procédé de l'invention permet ensuite d'appliquer à chaque bande de pixels 44, 54, 64 de l'image numérique autre que la bande de pixels de moindre dégradation 44M, 54M, 64M, et pour chacun des canaux de couleur formant l'image, une transformation linéaire permettant de

25 transformer les valeurs filtrées de densité optique 46, 56, 66 placées sur la courbe de référence supérieure de densité optique 42, 52, 62 et les valeurs filtrées de densité optique 47, 57, 67 placées sur la courbe de référence inférieure de densité optique 43, 53, 63 de ladite chaque bande de pixels 44, 54, 64, respectivement en valeurs supérieures 46M, 56M, 66M et inférieures 47M, 57M, 67M de densité

30 optique de la bande de pixels de moindre dégradation 44M, 54M, 64M.

Le procédé de l'invention permet donc d'obtenir automatiquement une image numérique 12 dont les couleurs sont restaurées, c'est-à-dire dont les couleurs ont été transformées pour correspondre à celles de l'image argentique d'origine. L'opérateur peut par exemple, après avoir appliqué le procédé de

5 l'invention sur une image altérée, afficher sur l'écran 11 l'image numérique 12 dont les couleurs sont restaurées; il peut également restituer ensuite cette image restaurée, par exemple sur du papier en utilisant une imprimante laser ou à jet d'encre, ou bien sur un film photographique.

L'invention a été décrite en faisant référence en particulier à des

10 modes de réalisation préférés de celle-ci; mais il est évident que des variantes et modifications peuvent être apportées à l'intérieur de la portée des revendications.

REVENDICATIONS

1. Procédé automatique de restauration de la couleur d'une image argentique (3) dont la couleur est altérée par rapport à la couleur d'origine de ladite image argentique (3), l'altération de la couleur se produisant non uniformément, spatialement dans le plan de l'image, et suivant une direction parallèle à un axe principal (19) de l'image, ledit procédé comprenant les étapes suivantes:
 - a) numériser l'image argentique altérée en utilisant une échelle de mesure des densités optiques;
 - b) filtrer l'ensemble des pixels de l'image numérisée;
 - c) diviser l'image numérique (12) en bandes de pixels (18) disposées perpendiculairement à la direction de l'axe principal (19) de l'image suivant lequel se produit l'altération de couleur, la réunion de l'ensemble des pixels de chaque bande représentant l'ensemble des pixels de l'image numérique;
 - d) calculer, pour chaque bande de pixels, et pour chacun des canaux de couleur (40), (50), (60) formant l'image, une distribution des densités optiques des pixels formant ladite bande;
 - e) calculer, pour chacune desdites distributions de l'étape d), une valeur de référence brute supérieure de densité optique (36), et une valeur de référence brute inférieure de densité optique (37);
 - f) calculer, à partir de l'ensemble des valeurs de référence brutes supérieures et inférieures de l'étape e), respectivement des valeurs de référence filtrées supérieures de densité optique (46) et des valeurs de référence filtrées inférieures de densité optique (47) correspondantes;
 - g) déterminer, à partir des valeurs de référence filtrées supérieures et inférieures de densité optique de l'étape f), respectivement des courbes de référence supérieures de densité optique (42) et des courbes de référence inférieures de densité optique (43), lesdites courbes de référence étant représentatives du profil de dégradation de couleur de l'image;

h) déterminer, pour chacun des canaux de couleur formant l'image, et à partir de la valeur maximale de densité optique (46M), (56M), (66M) de la courbe de référence supérieure de densité optique (42), la bande de pixels de moindre dégradation (44M), (54M), (64M);

5 i) appliquer à chaque bande de pixels (44), (54), (64) de l'image numérique autre que la bande de pixels de moindre dégradation (44M), (54M), (64M), et pour chacun des canaux de couleur formant l'image, une transformation linéaire permettant de transformer les valeurs filtrées de densité optique (46), (56), (66), (47), (57), (67) placées sur la courbe de
10 référence supérieure (42), (52), (62) et sur la courbe de référence inférieure (43), (53), (63) de densité optique de ladite chaque bande de pixels (44), (54), (64), respectivement en valeurs supérieure (46M), (56M), (66M) et inférieure (47M), (57M), (67M) de densité optique de la bande de pixels de moindre dégradation.

15 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le filtrage initial de l'image numérique altérée est opéré en utilisant des opérateurs de morphologie mathématique du type ouverture d'ordre (n) suivie de fermeture d'ordre (n), (n) étant un nombre entier.

20 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel les valeurs de référence filtrées supérieures de densité optique (46), (56), (66), et les valeurs de référence filtrées inférieures de densité optique (47), (57), (67), sont calculées à partir de l'utilisation d'un filtrage de l'image (12) par
25 la méthode du suivi des maximum dans chaque bande de pixels (18).

30 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la division de l'image numérique (12) en bandes de pixels (18) est opérée suivant des bandes parallèles adjacentes n'ayant aucun pixel commun entre elles.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la division de l'image numérique (12) en bandes de pixels (18) est opérée suivant des bandes parallèles se recouvrant partiellement deux à deux suivant au moins une rangée de pixels.
- 5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les valeurs de référence brutes supérieures (36) et inférieures (37) de densité optique correspondent respectivement aux courbes de la distribution de densité optique (31), (32) placées au voisinage des courbes
10 de densité optique maximum (30) et minimum (34) de ladite distribution.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les valeurs de référence brutes supérieures (39) et inférieures (38) de densité optique correspondent respectivement aux courbes de la distribution de
15 densité optique maximum (30) et minimum (34) de ladite distribution.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la bande de moindre dégradation (44M), (54M), (64M) est une bande de pixels de l'image comprenant le pixel de valeur maximale de densité
20 optique (46M), (56M), (66M) de la courbe de référence supérieure de densité optique (42), (52), (62).
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la bande de moindre dégradation est la bande de pixels comprenant une
25 seule rangée de pixels, ladite bande passant par le centre (20) de l'image (12).
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les plans des canaux de couleur formant l'image sont le rouge, le vert et le
30 bleu.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la division de l'image numérique (12) en bandes de pixels (18) est opérée suivant des bandes parallèles se recouvrant partiellement deux à deux suivant au moins une rangée de pixels.
5
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les valeurs de référence brutes supérieures (36) et inférieures (37) de densité optique correspondent respectivement aux courbes de la distribution de densité optique (31), (32) placées au voisinage des courbes de densité optique maximum (30) et minimum (34) de ladite distribution.
10
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les valeurs de référence brutes supérieures (39) et inférieures (38) de densité optique correspondent respectivement aux courbes de la distribution de densité optique maximum (30) et minimum (34) de ladite distribution.
15
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la bande de moindre dégradation (44M), (54M), (64M) est une bande de pixels de l'image comprenant le pixel de valeur maximale de densité optique (46M), (56M), (66M) de la courbe de référence supérieure de densité optique (42), (52), (62).
20
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la bande de moindre dégradation est la bande de pixels comprenant une seule rangée de pixels, ladite bande passant par le centre (20) de l'image (12).
25
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les plans des canaux de couleur formant l'image sont le rouge, le vert et le bleu.
30

1/3

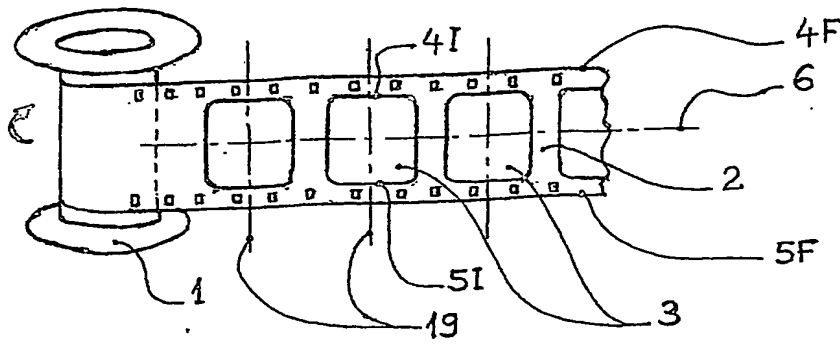


FIG 1

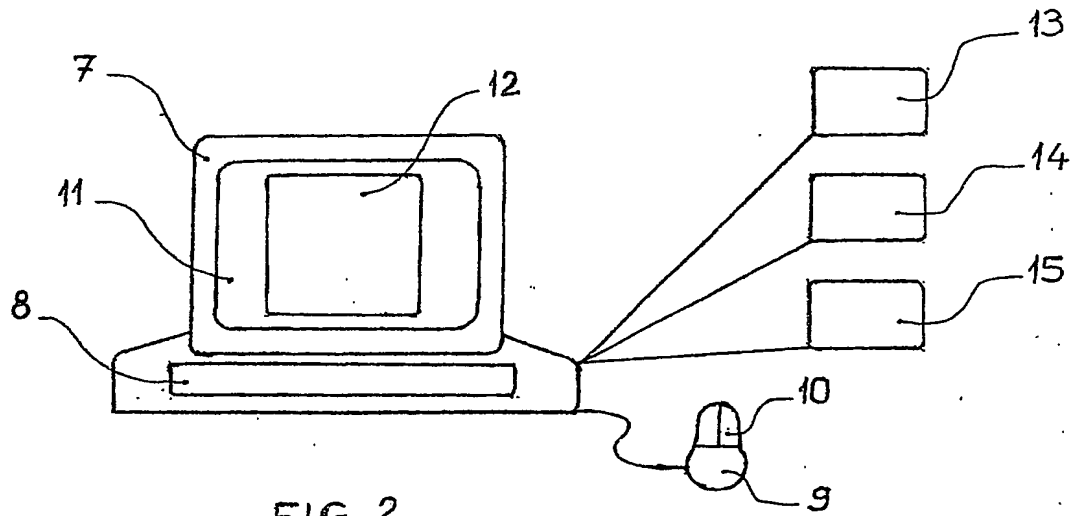


FIG 2

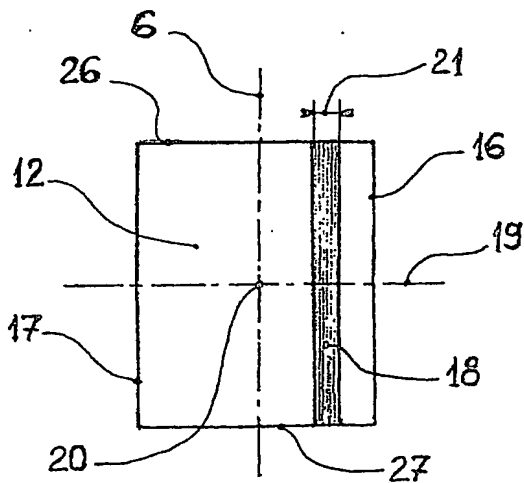


FIG 3

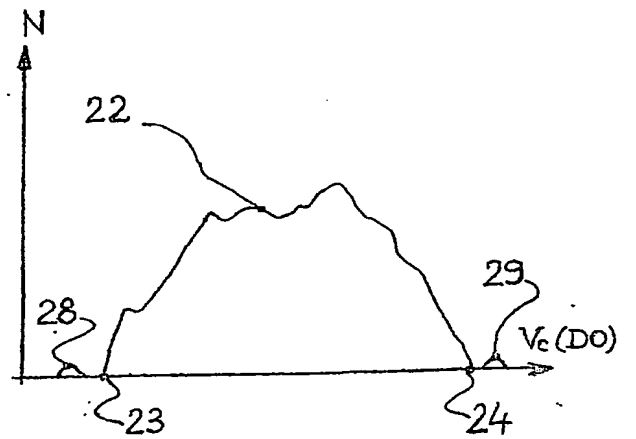
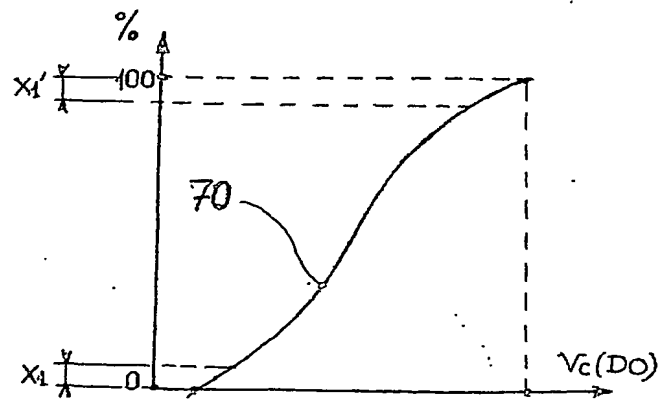
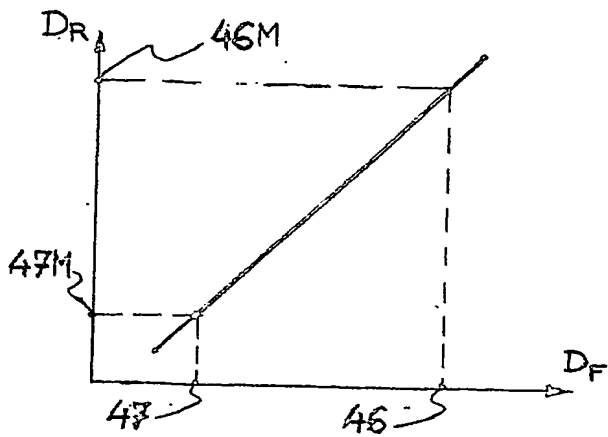
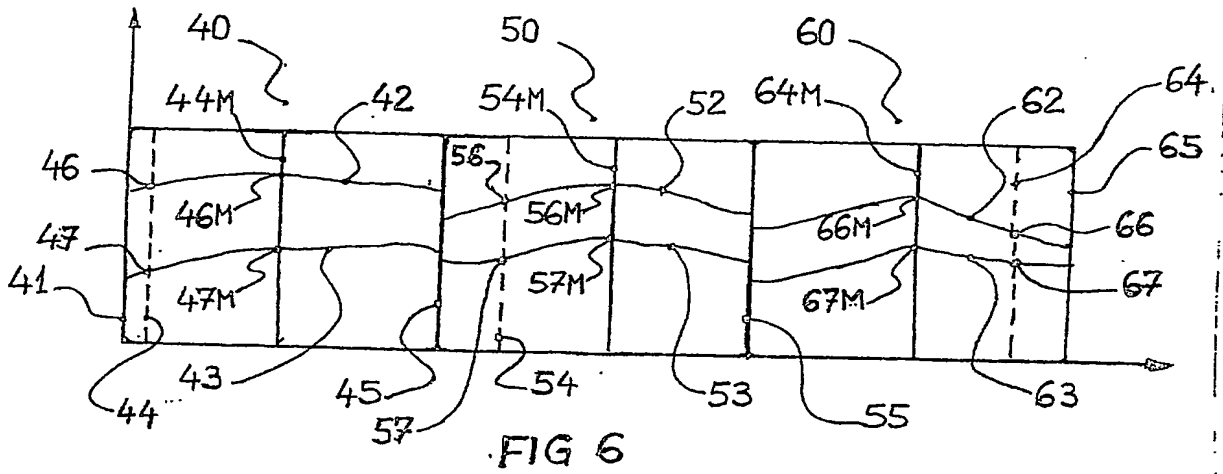
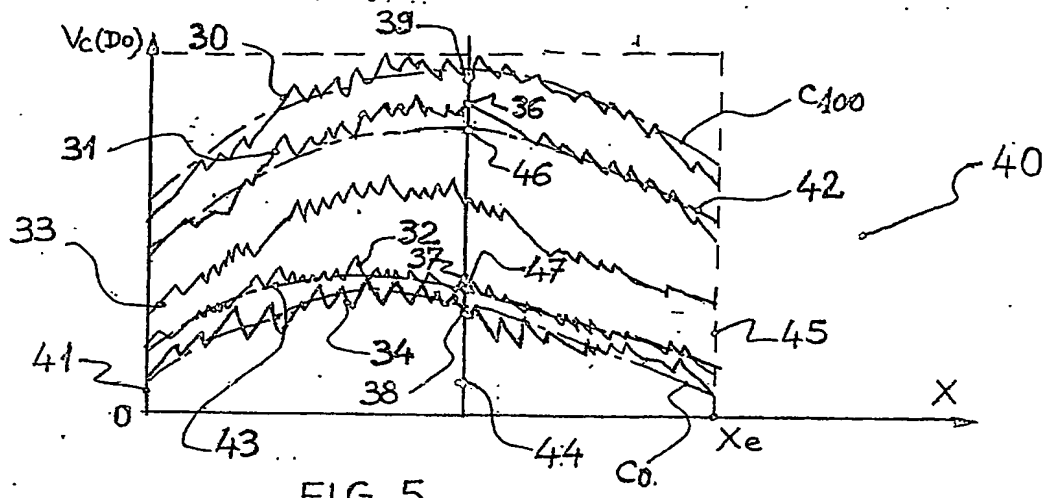


FIG 4



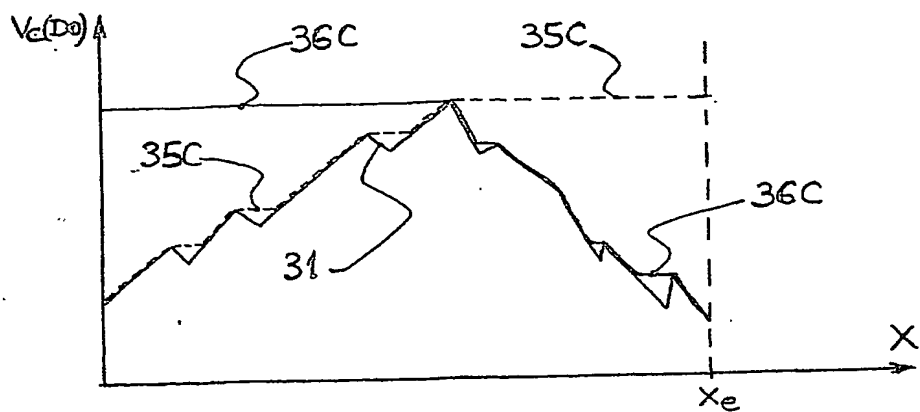


FIG 9

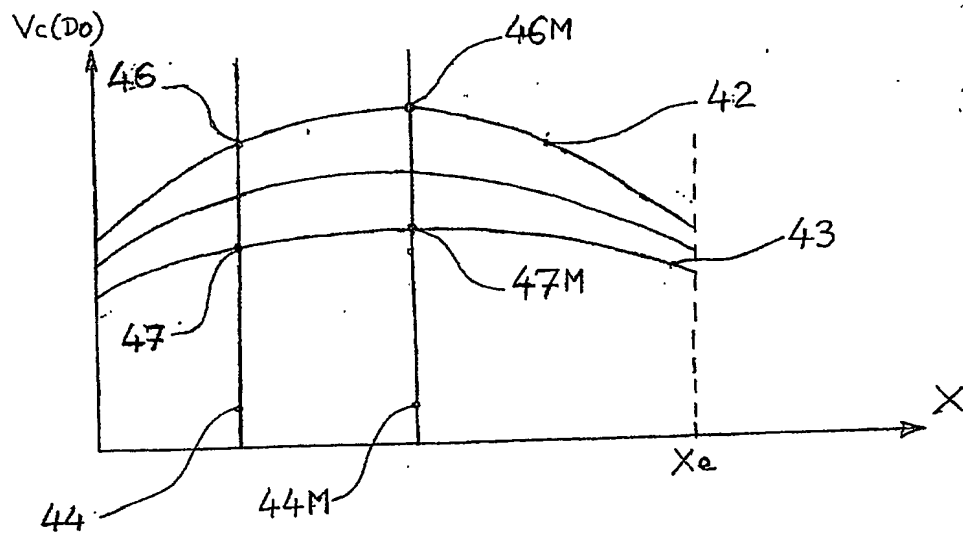


FIG 10

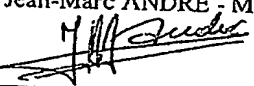
DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1..
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260893

Vos références pour ce dossier (facultatif)		83633	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0207759	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE DE RESTAURATION SPATIALE DES COULEURS D'UNE IMAGE			
LE(S) DEMANDEUR(S) : EASTMAN KODAK COMPANY			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		RISSON	
Prénoms		Valéry, Jean, Eugène	
Adresse	Rue	Département Brevets CRT - Zone Industrielle	
	Code postal et ville	71102	CHALON SUR SAONE
Société d'appartenance (facultatif)		KODAK INDUSTRIE	
Nom		DUPONT	
Prénoms		Jean-Fabien	
Adresse	Rue	Département Brevets CRT - Zone Industrielle	
	Code postal et ville	71102	CHALON SUR SAONE
Société d'appartenance (facultatif)		KODAK INDUSTRIE	
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Chalon, le 20 juin 2002 Jean-Marc ANDRE - Mandataire 			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.